

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

單柱式點支承曲線連續箱型梁橋的分析

ANALYSIS OF CURVED CONTINUOUS BOX GIRDER BRIDGES WITH
SINGLE COLUMN POINT BEARING

計畫編號: NSC 90-2211-E-216-005

執行期間: 90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人: 苟昌煥 中華大學土木工程系 副教授

一、中文摘要(關鍵詞: 點支承、線性支承、薄壁箱型梁)

本文主要是研究具有單柱式點支承之曲線連續箱型梁在載重作用下的斷面應力行為。以純扭轉理論為基礎，從線性支承的觀念推導至點支承之解析方法，同時並考慮薄壁梁之翹曲及畸變效應，在實例之分析比較中，探討了曲率半徑、橫隔梁間距、支承的佈置等因素對點支承橋梁應力特性的影響。在研究中發現，線性支承與點支承由於約束條件不同，因此會造成斷面扭矩顯著的差異，尤其在曲率較大的橋梁中。

英文摘要(Keywords: Point Bearing, Linear Bearing, Thin-Walled Box Girder)

The stress behavior in the section of curved continuous box girder bridge with single column point bearing is to be analyzed by the method deduced from the principle of pure torsion and linear bearing concept. The warping and distortion effects will also be considered in this analysis.

Through the use of this method of analysis to a practical case, the effects of radius of gyration, the spacing between

diaphragms, length of span, the position of support upon the stress characteristics will be discussed and compared.

二、計畫緣由與目的

為了節省都市高架橋與山區道路使用空間，並維護自然景觀與山壁結構穩定以及行車時的舒適度，單柱式曲線橋是較佳的選擇。

在設計單柱式點支承曲線連續梁時由於會有大梁傾覆、支承拉拔破壞、翹曲、畸變等問題存在，故需詳細分析其力學行為。

在本研究中共考慮以下各種應力

【1】【2】【3】：

斷面正應力：

$$f = f_N + f_b + f_s + f_{ds}$$

斷面剪應力：

$$\tau = \tau_b + \tau_s + \tau_{ds}$$

其中 f_N 表由軸向力產生的斷面正應力； f_b 表由彎曲產生的斷面正應力； f_s 表由翹曲產生的斷面正應力； f_{ds} 表由畸變翹曲產生的斷面正應力； τ_b 表由彎曲所產生之剪應力； τ_s 為箱型梁斷面之純扭轉剪應力； τ_s 表由翹曲產生的斷面剪應力； τ_{ds} 表由畸變翹曲產生的斷面剪應力

三、研究方法與成果

首先藉由曲線梁的翹曲變形微分方程式【4】【5】

$$f'''' - k^2 f'' = \frac{\sim}{EI_S} (m_i - \frac{M_x - y_0 N}{r})$$

推出單跨梁之斷面內力計算方程式。

曲線連續梁當考慮全部支承均為線性(Line)支承時，欲求斷面內力可先釋放中間支承處之彎矩約束，並以彎矩作為贅力 X。再利用中間支承兩側相對扭轉角 θ 為零的條件建立位移諧和方程式：

$$u_{i,i-1} X_{i-1} + u_{ii} X_i + u_{i,i+1} X_{i+1} + u_{ip} = 0$$

聯立解出支承彎矩 X 後，即可求得斷面內力。

當考慮全部支承均為點支承(Point)及任意支承配置時，由於點支承不抵抗扭轉效應，故扭矩將由連續梁兩端承受。為求解斷面內力，吾人可建立以下三種方程式來求解【6】【7】【8】：

1. 扭矩方程式：將中間支承均為線性支承時所求解出之支承扭矩 T_i^* ，反向加載在點支承及任意配置支承之連續梁上，當配置線性抗扭支承時，令 T_i^* 為零。並釋放其支承處之未知彎矩 X，即可建立扭矩方程式【9】。

2. 變形諧和方程式：利用中間支承兩側相對扭轉角為零的條件，即可建立變形諧和方程式。

3. 扭矩面積定理：利用兩端線性支承之扭轉角為零的條件可藉由扭矩面積定理建立一個方程式。

最後將三種方程式聯立即可求解斷面內力。

在實例分析中，以一四跨曲線連續箱型梁為例，每跨均受均佈偏心載重 $q=10 \text{ t-m}$ (偏心距 1.425m)，橫隔梁配置間距為 1m【10】。斷面性質與支承配置如圖一、圖二所示，計算出之斷

面內力如圖三至圖五所示，而應力分別如圖六至圖十一所示。

四.結論

- (1)就斷面內力值而言，在相同的斷面性質及相同的外力條件下，線性支承與點支承由於束制不同，因此會造成斷面扭矩明顯的差異。至於點支承，由於支承處不承受扭矩，因此在點支承處左右兩側的斷面扭矩是相同的。
- (2)一般來說曲率對曲線連續梁內力的分佈有著明顯的影響，對單柱式點支承曲線連續箱型梁橋而言，隨著曲率的增大，彎曲正應力及畸變正應力有著變大的趨勢。
- (3)在各種效應影響下，對單柱式點支承曲線連續箱型梁橋而言，翹曲應力及畸變應力所占總應力的比例大約均是在 10%，因此其影響也是不容忽略的。
- (4)橫隔梁間距直接影響到斷面之畸變翹曲力矩之大小，而最大正彎矩處之畸變彎矩值隨著橫隔梁間距的增大將不斷的增加，(以上述實例分析為例，間距由 1M 漸增至 6M 時，斷面之畸變彎矩值最高可到達 8.8 倍左右)，因此對橫隔梁間距的選取必須加以小心謹慎才是。在橫隔梁勁度的選擇方面，可使用螺栓接合配合數目較多的橫隔梁來代替焊接但數目較少的橫隔梁，不僅在施工方面較為便捷，且效果也較佳。

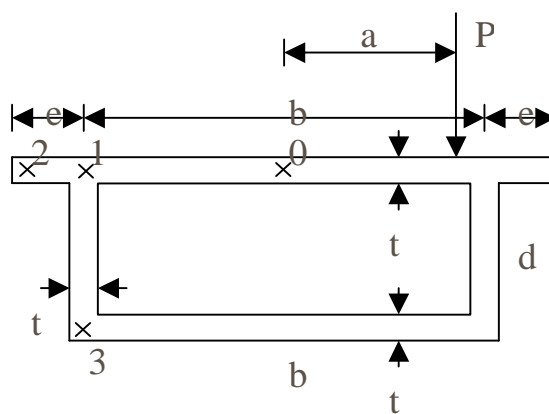
9.致謝

感謝國科會計畫編號 NSC 90-2211

-E-216-005)補助研究經費使本文得以順利完成。

10.參考文獻

- 1.R. Dabrowski, "Curved Thin-Walled Girders Theory and Analysis", Springer, New York,1968.
- 2.苟昌煥、黃劍源, "空間曲線箱型梁的應力分析研究", 結構工程, 第八卷第二期, pp43~52, 1993.6。
- 3.苟昌煥, 高金盛, "曲線 U 型梁橋之應力分析", 國科會專題研究計畫成果報告書, 2000.10。
- 4.盧旭寬, "單柱式線性及點支承交互配置下曲線連續箱型梁之應力分析", 中華大學土木工程研究所碩士論文, 2002。
- 5.謝旭、黃劍源, "薄壁斷面曲線高架橋的空間結構分析", 土木工程學報, 第二十六卷第六期, 中國, 1993。
- 6.黃劍源, "薄壁結構的扭轉分析-上冊", 中國鐵道出版社, 1983。
- 7.Nakai H and Chai Hong Yoo., "Analysis and Design of Curved Steel Bridges", Mc-Graw-Hill Book Company, 1988
- 8.黃劍源、劉炎海, "城市單柱式點支承曲線橋的分析", Journal of Ningbo University, Vol.1, No.2, Dec., 中國, 1988。
- 9.黃劍源, "薄壁結構的扭轉分析-曲線梁與斜支箱形梁", 中國鐵道出版社, 1997。
- 10.徐耀賜, 翹曲勁度在平面曲線薄壁鋼梁結構行為中所扮演之角色, 結構工程, 第九卷第三期, p3-15, 1994.9。

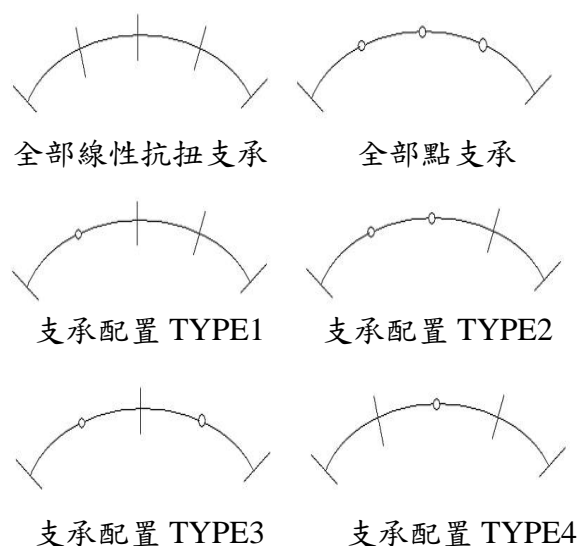


$$p = 10.0 \text{ t/m} \quad E = 21000000 \text{ t/m}^2$$

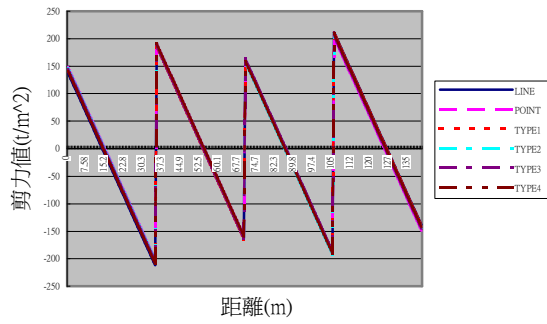
$$K = 0.291 \text{ m}^4 \quad \epsilon = 0.33$$

$$G = \frac{1}{2(1+\epsilon)} \quad I = 0.162 \text{ m}^4$$

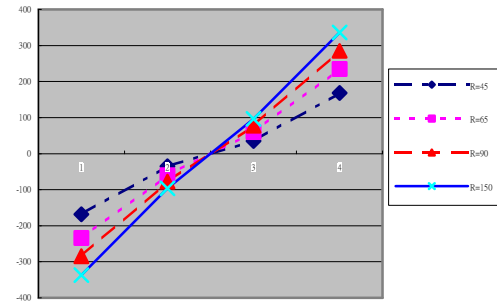
圖一 斷面性質圖



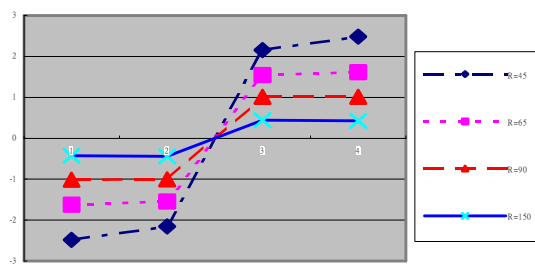
圖二 四跨曲線連續梁支承配置圖



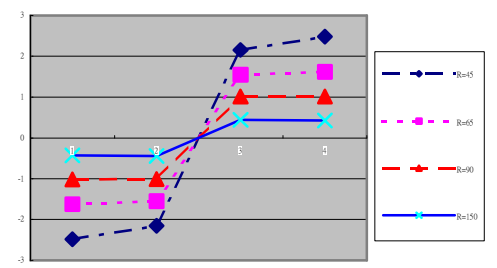
圖三 四跨連續梁斷面剪力圖



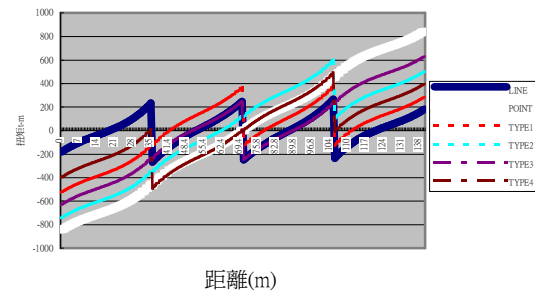
圖七 點支承在每跨 Mmax 處扭轉剪應力



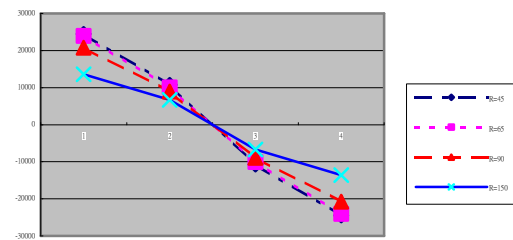
圖四 四跨曲線連續梁斷面彎矩圖



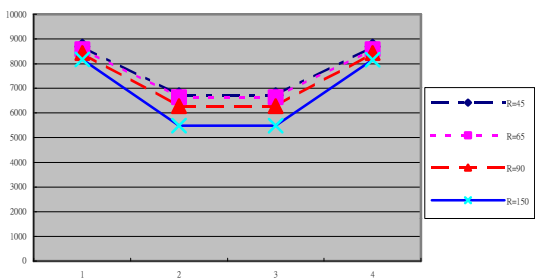
圖八 點支承在每跨 Mmax 處翹曲剪應力



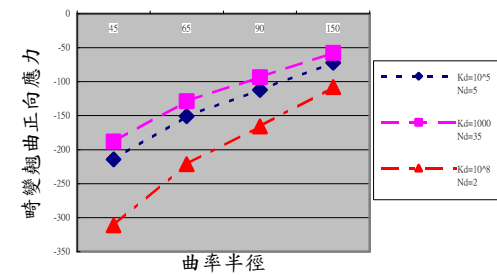
圖五 四跨曲線連續梁斷面扭矩圖



圖九 點支承在每跨 Mmax 處彎曲剪應力



圖六 點支承在每跨 Mmax 處彎矩正應力



圖十 線性支承下不同間距、數目、勁度之橫隔梁對畸變翹曲正應力影響